

PCT/JP 2004/013163

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

13. 9. 2004

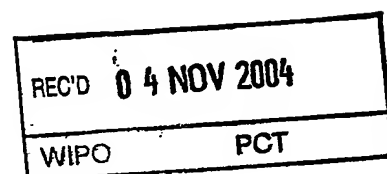
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 9 月 1 0 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 1 8 8 7 5  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 3 1 8 8 7 5 ]

出 願 人  
Applicant(s): 浜松ホトニクス株式会社

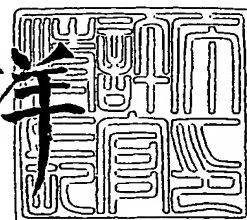


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 0 月 2 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋



BEST AVAILABLE COPY

出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 4 - 3 0 9 4 9 0 6

【書類名】 特許願  
【整理番号】 2003-0515  
【提出日】 平成15年 9月10日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 21/78  
【発明者】  
    【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社  
                                内  
    【氏名】 福満 憲志  
【発明者】  
    【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社  
                                内  
    【氏名】 福世 文嗣  
【発明者】  
    【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社  
                                内  
    【氏名】 内山 直己  
【発明者】  
    【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社  
                                内  
    【氏名】 杉浦 隆二  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000236436  
    【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100088155  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 長谷川 芳樹  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100092657  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 寺崎 史朗  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100124291  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 石田 悟  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 014708  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

表面に機能素子が形成された半導体基板を切断予定ラインに沿って切断する半導体基板の切断方法であって、

前記半導体基板の裏面をレーザ光入射面として前記半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することで改質領域を形成し、その改質領域によって、前記切断予定ラインに沿って前記レーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成する工程と、

前記切断起点領域を形成した後に、前記半導体基板の裏面にダイボンド樹脂層を介在させて拡張可能な保持部材を取り付ける工程と、

前記保持部材を取り付けた後に、前記保持部材を拡張させることで前記半導体基板及び前記ダイボンド樹脂層を前記切断予定ラインに沿って切断する工程とを備えることを特徴とする半導体基板の切断方法。

**【請求項 2】**

前記切断起点領域を形成する前に、前記半導体基板が所定の厚さとなるように前記半導体基板の裏面を研磨する工程を備えることを特徴とする請求項 1 記載の半導体基板の切断方法。

**【請求項 3】**

前記改質領域は溶融処理領域を含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の半導体基板の切断方法。

**【請求項 4】**

前記改質領域は、溶融処理領域と、その溶融処理領域に対して前記レーザ光入射面の反対側に位置する微小空洞とを含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の半導体基板の切断方法。

**【請求項 5】**

前記切断起点領域を形成する際には、前記切断起点領域を起点として前記半導体基板の表面に割れを到達させることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載の半導体基板の切断方法。

**【請求項 6】**

前記切断起点領域を形成する際には、前記切断起点領域を起点として前記半導体基板の裏面に割れを到達させることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載の半導体基板の切断方法。

**【請求項 7】**

前記切断起点領域を形成する際には、前記切断起点領域を起点として前記半導体基板の表面と裏面とに割れを到達させることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項記載の半導体基板の切断方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体基板の切断方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイスの製造工程等において、表面に機能素子が形成された半導体基板を切断するために使用される半導体基板の切断方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来におけるこの種の技術として、特許文献1や特許文献2には次のような技術が記載されている。まず、半導体ウェハの裏面にダイボンド樹脂層を介して粘着シートを貼り付け、この粘着シート上に半導体ウェハを保持させた状態でブレードにより半導体ウェハを切断して半導体チップを得る。そして、粘着シート上の半導体チップをピックアップする際に、ダイボンド樹脂を個々の半導体チップと共に粘着シートから剥離させる。これにより、半導体チップの裏面に接着剤を塗布するなどの工程を省略して、半導体チップをリードフレーム上に接着することが可能になる。

【特許文献1】特開2002-158276号公報

【特許文献2】特開2000-104040号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上述したような技術においては、粘着シート上に保持された半導体ウェハをブレードによって切断する際に、粘着シートは切断しないようにする一方で、半導体ウェハと粘着シートとの間に存在するダイボンド樹脂層は確実に切断する必要がある。そのため、このような場合のブレードによる半導体ウェハの切断は、特に慎重を期すべきものとなる。

【0004】

そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、表面に機能素子が形成された半導体基板をダイボンド樹脂層と共に効率良く切断することができる半導体基板の切断方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するために、本発明に係る半導体基板の切断方法は、表面に機能素子が形成された半導体基板を切断予定ラインに沿って切断する半導体基板の切断方法であって、半導体基板の裏面をレーザ光入射面として半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することで改質領域を形成し、その改質領域によって、切断予定ラインに沿ってレーザ光入射面から所定距離内側に切断起点領域を形成する工程と、切断起点領域を形成した後に、半導体基板の裏面にダイボンド樹脂層を介在させて拡張可能な保持部材を取り付ける工程と、保持部材を取り付けた後に、保持部材を拡張させることで半導体基板及びダイボンド樹脂層を切断予定ラインに沿って切断する工程とを備えることを特徴とする。

【0006】

この半導体基板の切断方法においては、表面に機能素子が形成された半導体基板を加工対象物とする。そして、そのような半導体基板の裏面をレーザ光入射面として半導体基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することで、例えば多光子吸収或いはそれと同等の光吸収を生じさせ、切断予定ラインに沿って半導体基板の内部に改質領域による切断起点領域を形成する。このとき、半導体基板の裏面をレーザ光入射面とするのは、表面をレーザ光入射面とすると機能素子によりレーザ光の入射が妨げられるおそれがあるからである。このように半導体基板の内部に切断起点領域が形成されると、自然に或いは比較的小さな力を加えることで、切断起点領域を起点として割れを発生させ、その割れを半導体基板の表面と裏面とに到達させることができる。従って、切断起点領域を形成した後に、半導体基板の裏面にダイボンド樹脂層を介在させて拡張可能な保持部材を取り付け、その

保持部材を拡張させると、切断予定ラインに沿って切断された半導体基板の切断面が保持部材の拡張に伴って密着した状態から離れていくことになる。これにより、半導体基板と保持部材との間に存在するダイボンド樹脂層も切断予定ラインに沿って切断される。よって、ブレードで切断するような場合に比べて遥かに効率良く半導体基板及びダイボンド樹脂層を切断予定ラインに沿って切断することができる。しかも、切断予定ラインに沿って切断された半導体基板の切断面が初めは互いに密着しているがために、切断された個々の半導体基板と切断された個々のダイボンド樹脂層とがほぼ同一の外形となり、各半導体基板の切断面からダイボンド樹脂がはみ出るようなことも防止される。

#### 【0007】

ここで、切断起点領域とは、半導体基板が切断される際に切断の起点となる領域を意味する。この切断起点領域は、改質領域が連続的に形成されることで形成される場合もあるし、改質領域が断続的に形成されることで形成される場合もある。また、機能素子とは、例えば、結晶成長により形成された半導体動作層、フォトダイオード等の受光素子、レーザダイオード等の発光素子、回路として形成された回路素子等を意味する。

#### 【0008】

更に、切断起点領域を形成する前に、半導体基板が所定の厚さとなるように半導体基板の裏面を研磨する工程を備えることが好ましい。このように、半導体基板が所定の厚さとなるようにその裏面を予め研磨しておくことで、半導体基板及びダイボンド樹脂層を切断予定ラインに沿ってより一層精度良く切断することが可能になる。なお、研磨とは、切削、研削、ケミカルエッチング等を含む意味である。

#### 【0009】

また、改質領域は熔融処理領域を含む場合がある。加工対象物が半導体基板であると、レーザ光の照射によって熔融処理領域が形成される場合がある。この熔融処理領域は上述した改質領域の一例であるため、この場合にも、半導体基板を容易に切断することができ、半導体基板及びダイボンド樹脂層を切断予定ラインに沿って効率良く切断することが可能になる。

#### 【0010】

また、改質領域は、熔融処理領域と、その熔融処理領域に対してレーザ光入射面の反対側に位置する微小空洞とを含む場合がある。加工対象物が半導体基板であると、レーザ光の照射によって熔融処理領域及び微小空洞が形成される場合がある。この熔融処理領域及び微小空洞は上述した改質領域の一例であるため、この場合にも、半導体基板を容易に切断することができ、半導体基板及びダイボンド樹脂層を切断予定ラインに沿って効率良く切断することが可能になる。

#### 【0011】

また、上述してきた本発明に係る半導体基板の切断方法において、切断起点領域を形成する際には、切断起点領域を起点として半導体基板の表面に割れを到達させてもよいし、切断起点領域を起点として半導体基板の裏面に割れを到達させてもよいし、切断起点領域を起点として半導体基板の表面と裏面とに割れを到達させてもよい。

#### 【発明の効果】

#### 【0012】

以上説明したように、本発明によれば、表面に機能素子が形成された半導体基板をダイボンド樹脂層と共に効率良く切断することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0013】

以下、本発明に係る半導体基板の切断方法の好適な実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。本実施形態では、半導体基板の内部に改質領域を形成するために多光子吸収という現象を利用する。そこで、最初に、多光子吸収により改質領域を形成するためのレーザ加工方法について説明する。

#### 【0014】

材料の吸収のバンドギャップ  $E_g$  よりも光子のエネルギー  $h\nu$  が小さいと光学的に透明

となる。よって、材料に吸収が生じる条件は  $h\nu > E_g$  である。しかし、光学的に透明でも、レーザ光の強度を非常に大きくすると  $n h\nu > E_g$  の条件 ( $n = 2, 3, 4, \dots$ ) で材料に吸収が生じる。この現象を多光子吸収という。パルス波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点のピークパワー密度 ( $W/cm^2$ ) で決まり、例えばピークパワー密度が  $1 \times 10^8$  ( $W/cm^2$ ) 以上の条件で多光子吸収が生じる。ピークパワー密度は、(集光点におけるレーザ光の1パルス当たりのエネルギー)  $\div$  (レーザ光のビームスポット断面積  $\times$  パルス幅) により求められる。また、連続波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点の電界強度 ( $W/cm^2$ ) で決まる。

#### 【0015】

このような多光子吸収を利用する本実施形態のレーザ加工方法について、図1～図6を参照して説明する。図1に示すように、半導体基板1の表面3には、半導体基板1を切断するための切断予定ライン5がある。切断予定ライン5は直線状に延びた仮想線である。本実施形態のレーザ加工方法では、図2に示すように、多光子吸収が生じる条件で半導体基板1の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを照射して改質領域7を形成する。なお、集光点Pとは、レーザ光Lが集光する箇所のことである。また、切断予定ライン5は、直線状に限らず曲線状であってもよいし、仮想線に限らず半導体基板1に実際に引かれた線であってもよい。

#### 【0016】

そして、レーザ光Lを切断予定ライン5に沿って(すなわち、図1の矢印A方向に)相対的に移動させることにより、集光点Pを切断予定ライン5に沿って移動させる。これにより、図3～図5に示すように、改質領域7が切断予定ライン5に沿って半導体基板1の内部に形成され、この改質領域7が切断起点領域8となる。本実施形態のレーザ加工方法は、半導体基板1がレーザ光Lを吸収することにより半導体基板1を発熱させて改質領域7を形成するものではない。半導体基板1にレーザ光Lを透過させ半導体基板1の内部に多光子吸収を発生させて改質領域7を形成している。よって、半導体基板1の表面3ではレーザ光Lがほとんど吸収されないので、半導体基板1の表面3が溶融することはない。

#### 【0017】

半導体基板1の内部に切断起点領域8を形成すると、この切断起点領域8を起点として割れが発生し易くなるため、図6に示すように、比較的小さな力で半導体基板1を切断することができる。よって、半導体基板1の表面3に不必要な割れを発生させることなく、半導体基板1を高精度に切断することが可能になる。

#### 【0018】

この切断起点領域8を起点とした半導体基板1の切断には、次の2通りが考えられる。1つは、切断起点領域8の形成後、半導体基板1に人為的な力が印加されることにより、切断起点領域8を起点として半導体基板1が割れ、半導体基板1が切断される場合である。これは、例えば半導体基板1の厚さが大きい場合の切断である。人為的な力が印加されるとは、例えば、半導体基板1の切断起点領域8に沿って半導体基板1に曲げ応力やせん断応力を加えたり、半導体基板1に温度差を与えることにより熱応力を発生させたりすることである。他の1つは、切断起点領域8を形成することにより、切断起点領域8を起点として半導体基板1の断面方向(厚さ方向)に向かって自然に割れ、結果的に半導体基板1が切断される場合である。これは、例えば半導体基板1の厚さが小さい場合には、1列の改質領域7により切断起点領域8が形成されることで可能となり、半導体基板1の厚さが大きい場合には、厚さ方向に複数列形成された改質領域7により切断起点領域8が形成されることで可能となる。なお、この自然に割れる場合も、切断する箇所において、切断起点領域8が形成されていない部位に対応する部分の表面3上にまで割れが先走ることがなく、切断起点領域8を形成した部位に対応する部分のみを切断することができるので、切断を制御よくすることができる。近年、シリコンウェハ等の半導体基板1の厚さは薄くなる傾向にあるので、このような制御性のよい切断方法は大変有効である。

#### 【0019】

さて、本実施形態のレーザ加工方法において、多光子吸収により形成される改質領域と

しては、次の(1), (2)の場合がある。

【0020】

(1) 改質領域が熔融処理領域の場合

半導体基板の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が $1 \times 10^8$  (W/cm<sup>2</sup>) 以上で且つパルス幅が $1 \mu s$ 以下の条件でレーザー光を照射する。これにより半導体基板の内部は多光子吸収によって局所的に加熱される。この加熱により半導体基板の内部に熔融処理領域が形成される。熔融処理領域とは一旦熔融後再固化した領域や、まさに熔融状態の領域や、熔融状態から再固化する状態の領域であり、相変化した領域や結晶構造が変化した領域ということもできる。また、熔融処理領域とは単結晶構造、非晶質構造、多結晶構造において、ある構造が別の構造に変化した領域ということもできる。つまり、例えば、単結晶構造から非晶質構造に変化した領域、単結晶構造から多結晶構造に変化した領域、単結晶構造から非晶質構造及び多結晶構造を含む構造に変化した領域を意味する。半導体基板がシリコン単結晶構造の場合、熔融処理領域は例えば非晶質シリコン構造である。なお、電界強度の上限値としては、例えば $1 \times 10^{12}$  (W/cm<sup>2</sup>) である。パルス幅は例えば $1 ns \sim 200 ns$ が好ましい。

【0021】

本発明者らは、半導体基板の一例であるシリコンウェハの内部で熔融処理領域が形成されることを実験により確認した。実験条件は次の通りである。

【0022】

(A) 半導体基板：シリコンウェハ（厚さ $350 \mu m$ 、外径4インチ）

(B) レーザ

光源：半導体レーザー励起Nd:YAGレーザー

波長： $1064 nm$

レーザー光スポット断面積： $3.14 \times 10^{-8} cm^2$

発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数： $100 kHz$

パルス幅： $30 ns$

出力： $20 \mu J$ /パルス

レーザー光品質：TEM<sub>00</sub>

偏光特性：直線偏光

(C) 集光用レンズ

倍率：50倍

N.A.： $0.55$

レーザー光波長に対する透過率：60パーセント

(D) 半導体基板が載置される載置台の移動速度： $100 mm/秒$

【0023】

図7は、上記条件でのレーザー加工により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。シリコンウェハ11の内部に熔融処理領域13が形成されている。なお、上記条件により形成された熔融処理領域13の厚さ方向の大きさは $100 \mu m$ 程度である。

【0024】

熔融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを説明する。図8は、レーザー光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。ただし、シリコン基板の表面側と裏面側それぞれの反射成分を除去し、内部のみの透過率を示している。シリコン基板の厚さ $t$ が $50 \mu m$ 、 $100 \mu m$ 、 $200 \mu m$ 、 $500 \mu m$ 、 $1000 \mu m$ の各々について上記関係を示した。

【0025】

例えば、Nd:YAGレーザーの波長である $1064 nm$ において、シリコン基板の厚さが $500 \mu m$ 以下の場合、シリコン基板の内部ではレーザー光が80%以上透過することが分かる。図7に示すシリコンウェハ11の厚さは $350 \mu m$ であるので、多光子吸収によ

る熔融処理領域13はシリコンウェハ11の中心付近、つまり表面から $175\mu\text{m}$ の部分に形成される。この場合の透過率は、厚さ $200\mu\text{m}$ のシリコンウェハを参考にとすると、90%以上なので、レーザ光がシリコンウェハ11の内部で吸収されるのは僅かであり、ほとんどが透過する。このことは、シリコンウェハ11の内部でレーザ光が吸収されて、熔融処理領域13がシリコンウェハ11の内部に形成（つまりレーザ光による通常の加熱で熔融処理領域が形成）されたものではなく、熔融処理領域13が多光子吸収により形成されたことを意味する。多光子吸収による熔融処理領域の形成は、例えば、溶接学会全国大会講演概要第66集（2000年4月）の第72頁～第73頁の「ピコ秒パルスレーザによるシリコンの加工特性評価」に記載されている。

#### 【0026】

なお、シリコンウェハは、熔融処理領域によって形成される切断起点領域を起点として断面方向に向かって割れを発生させ、その割れがシリコンウェハの表面と裏面とに到達することにより、結果的に切断される。シリコンウェハの表面と裏面に到達するこの割れは自然に成長する場合もあるし、シリコンウェハに力が印加されることにより成長する場合もある。そして、切断起点領域からシリコンウェハの表面と裏面とに割れが自然に成長する場合には、切断起点領域を形成する熔融処理領域が溶融している状態から割れが成長する場合と、切断起点領域を形成する熔融処理領域が溶融している状態から再固化する際に割れが成長する場合とのいずれもある。ただし、どちらの場合も熔融処理領域はシリコンウェハの内部のみに形成され、切断後の切断面には、図7のように内部にのみ熔融処理領域が形成されている。このように、半導体基板の内部に熔融処理領域によって切断起点領域を形成すると、割断時、切断起点領域ラインから外れた不必要な割れが生じにくいので、割断制御が容易となる。

#### 【0027】

##### （2）改質領域が熔融処理領域及び微小空洞の場合

半導体基板の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が $1 \times 10^8$  ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )以上で且つパルス幅が $1\mu\text{s}$ 以下の条件でレーザ光を照射する。これにより、半導体基板の内部には熔融処理領域と微小空洞とが形成される場合がある。図9に示すように、半導体基板1の表面3側からレーザ光Lを入射させた場合、微小空洞14は、熔融処理領域13に対して裏面17側に形成される。図9では、熔融処理領域13と微小空洞14とが離れて形成されているが、熔融処理領域13と微小空洞14とが連続して形成される場合もある。つまり、多光子吸収によって熔融処理領域及び微小空洞が対になって形成される場合、微小空洞は、熔融処理領域に対して半導体基板におけるレーザ光入射面の反対側に形成されることになる。なお、電界強度の上限値としては、例えば $1 \times 10^{12}$  ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )である。パルス幅は例えば $1\text{ns} \sim 200\text{ns}$ が好ましい。

#### 【0028】

このように、半導体基板1にレーザ光Lを透過させ半導体基板1の内部に多光子吸収を発生させて熔融処理領域13を形成した場合に、それぞれの熔融処理領域13に対応した微小空洞14が形成される原理については必ずしも明らかではない。ここでは、熔融処理領域13及び微小空洞14が対になった状態で形成される原理に関して本発明者らが想定する2つの仮説を説明する。

#### 【0029】

本発明者らが想定する第1の仮説は次の通りである。すなわち、図10に示すように、半導体基板1の内部の集光点Pに焦点を合わせてレーザ光Lを照射すると、集光点Pの近傍に熔融処理領域13が形成される。従来は、このレーザ光Lとして、レーザ光源から照射されるレーザ光Lの中心部分の光（図10中、L4及びL5に相当する部分の光）を使用することとしていた。これは、レーザ光Lのガウシアン分布の中心部分を使用するためである。本発明者らはレーザ光Lが半導体基板1の表面3に与える影響をおさえるためにレーザ光Lを広げることとした。その一手法として、レーザ光源から照射されるレーザ光Lを所定の光学系でエキスパンドしてガウシアン分布の裾野を広げて、レーザ光Lの周辺部分の光（図10中、L1～L3及びL6～L8に相当する部分の光）のレーザ強度を相



対的に上昇させることとした。このようにエキスパンドしたレーザ光Lを半導体基板1に透過させると、既に説明したように集光点Pの近傍では熔融処理領域13が形成され、その熔融処理領域13に対応した部分に微小空洞14が形成される。つまり、熔融処理領域13と微小空洞14とはレーザ光Lの光軸（図10中の一点鎖線）に沿った位置に形成される。微小空洞14が形成される位置は、レーザ光Lの周辺部分の光（図10中、L1～L3及びL6～L8に相当する部分の光）が理論上集光される部分に相当する。このようにレーザ光Lの中心部分の光（図10中、L4及びL5に相当する部分の光）と、レーザ光Lの周辺部分の光（図10中、L1～L3及びL6～L8に相当する部分の光）とがそれぞれ集光される部分が半導体基板1の厚さ方向において異なるのは、レーザ光Lを集光するレンズの球面収差によるものと考えられる。本発明者らが想定する第1の仮説は、この集光位置の差が何らかの影響を及ぼしているのではないかというものである。

#### 【0030】

本発明者らが想定する第2の仮説は、レーザ光Lの周辺部分の光（図10中、L1～L3及びL6～L8に相当する部分の光）が集光される部分は理論上のレーザ集光点であるから、この部分の光強度が高く微細構造変化が起こっているためにその周囲が実質的に結晶構造が変化していない微小空洞14が形成され、熔融処理領域13が形成されている部分は熱的な影響が大きく単純に溶解して再固化したというものである。

#### 【0031】

ここで、熔融処理領域は上記（1）で述べた通りのものであるが、微小空洞は、その周囲が実質的に結晶構造が変化していないものである。半導体基板がシリコン単結晶構造の場合には、微小空洞の周囲はシリコン単結晶構造のままの部分が多い。

#### 【0032】

本発明者らは、半導体基板の一例であるシリコンウェハの内部で熔融処理領域及び微小空洞が形成されることを実験により確認した。実験条件は次の通りである。

#### 【0033】

(A) 加工対象物：シリコンウェハ（厚さ100 $\mu$ m）

(B) レーザ

光源：半導体レーザ励起Nd：YAGレーザ

波長：1064nm

繰り返し周波数：40kHz

パルス幅：30ns

パルスピッチ：7 $\mu$ m

加工深さ：8 $\mu$ m

パルスエネルギー：50 $\mu$ J／パルス

(C) 集光用レンズ

NA：0.55

(D) 加工対象物が載置される載置台の移動速度：280mm／sec

#### 【0034】

図11は、上記条件でのレーザ加工により切断されたシリコンウェハの切断面の写真を表した図である。図11において（a）と（b）とは同一の切断面の写真を異なる縮尺で示したものである。同図に示すように、シリコンウェハ11の内部には、1パルスのレーザ光Lの照射により形成された熔融処理領域13及び微小空洞14の対が、切断面に沿って（すなわち、切断予定ラインに沿って）所定のピッチで形成されている。なお、図11に示す切断面の熔融処理領域13は、シリコンウェハ11の厚さ方向（図中の上下方向）の幅が13 $\mu$ m程度で、レーザ光Lを移動する方向（図中の左右方向）の幅が3 $\mu$ m程度である。また、微小空洞14は、シリコンウェハ11の厚さ方向の幅が7 $\mu$ m程度で、レーザ光Lを移動する方向の幅が1.3 $\mu$ m程度である。熔融処理領域13と微小空洞8との間隔は1.2 $\mu$ m程度である。

#### 【0035】

以上、多光子吸収により形成される改質領域として（1）、（2）の場合を説明したが

、半導体基板の結晶構造やその劈開性などを考慮して切断起点領域を次のように形成すれば、その切断起点領域を起点として、より一層小さな力で、しかも精度良く半導体基板を切断することが可能になる。

#### 【0036】

すなわち、シリコンなどのダイヤモンド構造の単結晶半導体からなる基板の場合は、(111)面(第1劈開面)や(110)面(第2劈開面)に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。また、GaAsなどの閃亜鉛鉱型構造のIII-V族化合物半導体からなる基板の場合は、(110)面に沿った方向に切断起点領域を形成するのが好ましい。

#### 【0037】

なお、上述した切断起点領域を形成すべき方向(例えば、単結晶シリコン基板における(111)面に沿った方向)、或いは切断起点領域を形成すべき方向と直交する方向に沿って基板にオリエンテーションフラットを形成すれば、そのオリエンテーションフラットを基準とすることで、切断起点領域を形成すべき方向に沿った切断起点領域を容易且つ正確に基板に形成することが可能になる。

#### 【0038】

以下、本発明に係る半導体基板の切断方法の好適な実施形態について、より具体的に説明する。なお、図13～図16は、図12のシリコンウェハのXIII-XIII線に沿っての部分断面図である。

#### 【0039】

図12に示すように、加工対象物となるシリコンウェハ(半導体基板)11の表面3には、複数の機能素子15がオリエンテーションフラット16に平行な方向と垂直な方向とにマトリックス状にパターン形成されている。このようなシリコンウェハ11を次のようにして機能素子15毎に切断する。

#### 【0040】

まず、図13(a)に示すように、シリコンウェハ11の表面3側に保護フィルム18を貼り付けて機能素子15を覆う。この保護フィルム18は、機能素子15を保護すると共にシリコンウェハ11を保持するものである。保護フィルム18を貼り付けた後、図13(b)に示すように、シリコンウェハ11が所定の厚さとなるようにシリコンウェハ11の裏面17を平面研削し、更に、裏面17にケミカルエッチングを施して裏面17を平滑化する。このようにして、例えば、厚さ350 $\mu$ mのシリコンウェハ11を厚さ100 $\mu$ mに薄型化する。シリコンウェハ11を薄型化した後、保護フィルム18に紫外線を照射する。これにより、保護フィルム18の粘着層であるUV硬化樹脂層が硬化し、保護フィルム18がシリコンウェハ11から剥がれ易くなる。

#### 【0041】

続いて、レーザ加工装置を用いてシリコンウェハ11の内部に切断起点領域を形成する。すなわち、図14(a)に示すように、レーザ加工装置の載置台19上に、シリコンウェハ11の裏面17を上方に向けて保護フィルム18を真空吸着により固定し、隣り合う機能素子15、15間を通るように切断予定ライン5を格子状に設定する(図12の二点鎖線参照)。そして、図14(b)に示すように、裏面17をレーザ光入射面としてシリコンウェハ11の内部に集光点Pを合わせて、上述した多光子吸収が生じる条件でレーザ光Lを照射し、載置台19の移動により切断予定ライン5に沿って集光点Pを相対移動させる。これにより、図14(c)に示すように、シリコンウェハ11の内部には、切断予定ライン5に沿って熔融処理領域13により切断起点領域8が形成される。

#### 【0042】

続いて、保護フィルム18が貼り付けられたシリコンウェハ11を載置台19から取り外し、図15(a)に示すように、シリコンウェハ11の裏面17に、ダイボンド樹脂付フィルム20(例えば、リンテック株式会社の「LE-5000(商品名)」)を貼り付ける。このダイボンド樹脂付フィルム20は、厚さ100 $\mu$ m程度の拡張可能な拡張フィルム(保持部材)21を有し、この拡張フィルム21上には、ダイボンディング用接着剤

として機能するダイボンド樹脂層 23 が、層厚数  $\mu\text{m}$  程度の UV 硬化樹脂層を介して設けられている。つまり、シリコンウェハ 11 の裏面 17 にダイボンド樹脂層 23 を介在させて拡張フィルム 21 を貼り付けることになる。なお、拡張フィルム 21 の周縁部分には、フィルム拡張手段 30 が取り付けられている。ダイボンド樹脂付フィルム 20 を貼り付けた後、図 15 (b) に示すように、シリコンウェハ 11 の表面 3 側から保護フィルム 18 を剥がし、図 15 (c) に示すように、拡張フィルム 21 に紫外線を照射する。これにより、拡張フィルム 21 の粘着層である UV 硬化樹脂層が硬化し、ダイボンド樹脂層 23 が拡張フィルム 21 から剥がれ易くなる。

#### 【0043】

続いて、図 16 (a) に示すように、フィルム拡張手段 30 によって、拡張フィルム 21 の周縁部分を外側に向かって引っ張るようにして拡張フィルム 21 を拡張させる。この拡張フィルム 21 のエキスパンドによって、切断起点領域 8 を起点として厚さ方向に割れが発生し、この割れがシリコンウェハ 11 の表面 3 と裏面 17 とに到達することになる。これにより、シリコンウェハ 11 が切断予定ライン 5 に沿って精度良く切断され、機能素子 15 を 1 つ有した半導体チップ 25 が複数得られる。また、このとき、隣り合う半導体チップ 25、25 の対面する切断面 25a、25a は、拡張フィルム 21 の拡張に伴って密着した状態から離れていくことになるため、シリコンウェハ 11 の切断と同時に、シリコンウェハ 11 の裏面 17 に密着していたダイボンド樹脂層 23 も切断予定ライン 5 に沿って切断される。

#### 【0044】

続いて、図 16 (b) に示すように、吸着コレット等を用いて半導体チップ 25 を順次ピックアップしていく。このとき、ダイボンド樹脂層 23 は半導体チップ 25 と同等の外形に切断されており、また、ダイボンド樹脂層 23 と拡張フィルム 21 との密着力が低下しているため、半導体チップ 25 は、その裏面に切断されたダイボンド樹脂層 23 が密着した状態でピックアップされることになる。そして、図 16 (c) に示すように、半導体チップ 25 を、その裏面に密着したダイボンド樹脂層 23 を介してリードフレーム 27 のダイパッド上に載置し、加熱によりフィラー接合する。

#### 【0045】

以上のようなシリコンウェハ 11 の切断方法においては、表面 3 に機能素子 15 が形成されたシリコンウェハ 11 を加工対象物とし、その裏面 17 をレーザ光入射面としてシリコンウェハ 11 の内部に集光点 P を合わせてレーザ光 L を照射する。これにより、シリコンウェハ 11 の内部で多光子吸収を生じさせ、切断予定ライン 5 に沿ってシリコンウェハ 11 の内部に熔融処理領域 13 による切断起点領域 8 を形成する。このとき、半導体基板の裏面をレーザ光入射面とするのは、表面をレーザ光入射面とすると機能素子によりレーザ光の入射が妨げられるおそれがあるからである。このようにシリコンウェハ 11 の内部に切断起点領域 8 が形成されると、自然に或いは比較的小さな力を加えることで、切断起点領域 8 を起点として割れを発生させ、その割れをシリコンウェハ 11 の表面 3 と裏面 17 とに到達させることができる。従って、切断起点領域 8 を形成した後に、シリコンウェハ 11 の裏面 17 にダイボンド樹脂層 23 を介在させて拡張フィルム 21 を貼り付け、その拡張フィルム 21 を拡張させると、切断予定ライン 5 に沿って切断されたシリコンウェハ 11 の切断面 25a、25a が拡張フィルム 21 の拡張に伴って密着した状態から離れていくことになる。これにより、シリコンウェハ 11 と拡張フィルム 21 との間に存在するダイボンド樹脂層 23 も切断予定ライン 5 に沿って切断される。よって、ブレードで切断するような場合に比べて遥かに効率良くシリコンウェハ 11 及びダイボンド樹脂層 23 を切断予定ライン 5 に沿って切断することができる。

#### 【0046】

しかも、切断予定ライン 5 に沿って切断されたシリコンウェハ 11 の切断面 25a、25a が初めは互いに密着しているがために、切断された個々のシリコンウェハ 11 と切断された個々のダイボンド樹脂層 23 とがほぼ同一の外形となり、各シリコンウェハ 11 の切断面 25a からダイボンド樹脂がはみ出るようなことも防止される。

## 【0047】

更に、シリコンウェハ11の内部に切断起点領域8を形成する前に、シリコンウェハ11が所定の厚さとなるようにシリコンウェハ11の裏面17を研磨する。このように、シリコンウェハ11を所定の厚さに薄型化しておくことで、シリコンウェハ11及びダイボンド樹脂層23を切断予定ライン5に沿ってより一層精度良く切断することが可能になる。

## 【0048】

ところで、上述したシリコンウェハ11の切断方法は、図17(a)に示すように、拡張フィルム21をエキスパンドする前までは、切断起点領域8を起点とした割れがシリコンウェハ11に発生しない場合であったが、図17(b)に示すように、拡張フィルム21をエキスパンドする前に、切断起点領域8を起点とした割れ28を発生させ、この割れ28をシリコンウェハ11の表面3と裏面17とに到達させてもよい。この割れ28を発生させる方法としては、例えばナイフエッジ等の応力印加手段を切断起点領域8に沿ってシリコンウェハ11の裏面17に押し当てることで、切断起点領域8に沿ってシリコンウェハ11に曲げ応力やせん断応力を生じさせる方法や、シリコンウェハ11に温度差を与えることで切断起点領域8に沿ってシリコンウェハ11に熱応力を生じさせる方法などがある。

## 【0049】

このように、拡張フィルム21をエキスパンドする前に、切断起点領域8に沿ってシリコンウェハ11にストレスを生じさせ、切断起点領域8に沿ってシリコンウェハ11を切断しておくこと、極めて精度良く切断された半導体チップ25を得ることができる。そして、この場合においても、シリコンウェハ11に貼り付けられた拡張フィルム21を拡張させると、隣り合う半導体チップ25、25の対面する切断面25a、25aが拡張フィルム21の拡張に伴って密着した状態から離れていくため、シリコンウェハ11の裏面17に密着していたダイボンド樹脂層23は切断面25aに沿って切断されることになる。従って、この切断方法によっても、ブレードで切断するような場合に比べれば、遥かに効率良くシリコンウェハ11及びダイボンド樹脂層23を切断起点領域8に沿って切断することが可能になる。

## 【0050】

なお、シリコンウェハ11の厚さが薄くなると、切断起点領域8に沿ってストレスを生じさせなくても、図17(b)に示すように、切断起点領域8を起点とした割れ28がシリコンウェハ11の表面3と裏面17とに到達する場合がある。

## 【0051】

また、図18(a)に示すように、シリコンウェハ11の内部における表面3近傍に熔融処理領域13による切断起点領域8を形成し、表面3に割れ28を到達させておけば、切断して得られる半導体チップ25の表面(すなわち、機能素子形成面)の切断精度を極めて高くすることができる。一方、図18(b)に示すように、シリコンウェハ11の内部における裏面17近傍に熔融処理領域13による切断起点領域8を形成し、裏面17に割れ28を到達させておけば、拡張フィルム21のエキスパンドによってダイボンド樹脂層23を精度良く切断することができる。

## 【0052】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態は、半導体基板1の内部で多光子吸収を生じさせて改質領域7を形成した場合であったが、半導体基板1の内部で多光子吸収と同等の光吸収を生じさせて改質領域7を形成することができる場合もある。

## 【0053】

また、上述したシリコンウェハ11の切断方法は、改質領域として熔融処理領域13を形成する場合であったが、改質領域として熔融処理領域13及び微小空洞14を形成してもよい。この場合、シリコンウェハ11の裏面17をレーザ光入射面とするため、微小空洞14は、熔融処理領域13に対してレーザ光入射面の反対側、すなわち、機能素子15

が形成された表面 3 側に形成されることになる。切断面において微小空洞 14 側の部分は、溶融処理領域 13 側の部分に比べ高精度になる傾向があるため、機能素子 15 が形成された表面 3 側に微小空洞 14 を形成することで、半導体チップ 25 の歩留まりをより一層向上させることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図 1】本実施形態のレーザ加工方法によるレーザ加工中の半導体基板の平面図である。

【図 2】図 1 に示す半導体基板のII-II線に沿っての断面図である。

【図 3】本実施形態のレーザ加工方法によるレーザ加工後の半導体基板の平面図である。

【図 4】図 3 に示す半導体基板のIV-IV線に沿っての断面図である。

【図 5】図 3 に示す半導体基板のV-V線に沿っての断面図である。

【図 6】本実施形態のレーザ加工方法により切断された半導体基板の平面図である。

【図 7】本実施形態のレーザ加工方法により溶融処理領域が形成されたシリコンウェハの切断面の写真を表した図である。

【図 8】本実施形態のレーザ加工方法におけるレーザ光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。

【図 9】本実施形態のレーザ加工方法により溶融処理領域及び微小空洞が形成された半導体基板の断面図である。

【図 10】本実施形態のレーザ加工方法により溶融処理領域及び微小空洞が形成される原理を説明するための断面図である。

【図 11】本実施形態のレーザ加工方法により溶融処理領域及び微小空洞が形成されたシリコンウェハの切断面の写真を表した図である。

【図 12】本実施形態の半導体基板の切断方法において加工対象物となるシリコンウェハの平面図である。

【図 13】本実施形態の半導体基板の切断方法を説明するための模式図であり、(a) はシリコンウェハに保護フィルムが貼り付けられた状態、(b) はシリコンウェハが薄型化された状態、(c) は保護フィルムに紫外線が照射されている状態である。

【図 14】本実施形態の半導体基板の切断方法を説明するための模式図であり、(a) はシリコンウェハ及び保護フィルムが載置台上に固定された状態、(b) はシリコンウェハにレーザ光が照射されている状態、(c) はシリコンウェハの内部に切断起点領域が形成された状態である。

【図 15】本実施形態の半導体基板の切断方法を説明するための模式図であり、(a) はシリコンウェハにダイボンド樹脂付フィルムが貼り付けられた状態、(b) はシリコンウェハから保護フィルムが剥がされた状態、(c) は拡張フィルムに紫外線が照射されている状態である。

【図 16】本実施形態の半導体基板の切断方法を説明するための模式図であり、(a) は拡張フィルムがエキスパンドされた状態、(b) は切断されたダイボンド樹脂層と共に半導体チップがピックアップされている状態、(c) は半導体チップがダイボンド樹脂層を介してリードフレームに接合された状態である。

【図 17】本実施形態の半導体基板の切断方法におけるシリコンウェハと切断起点領域との関係を示す模式図であり、(a) は切断起点領域を起点とした割れが発生していない状態、(b) は切断起点領域を起点とした割れがシリコンウェハの表面と裏面とに到達している状態である。

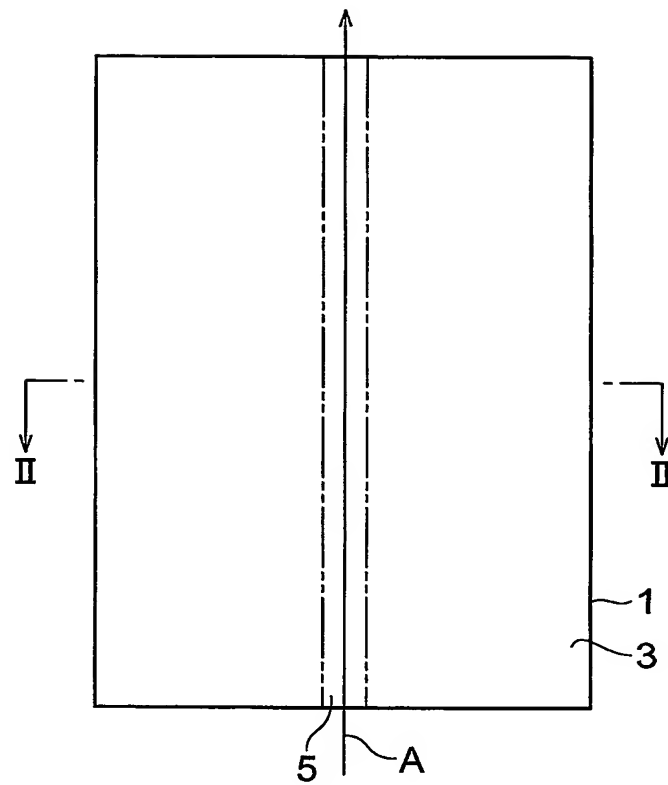
【図 18】本実施形態の半導体基板の切断方法におけるシリコンウェハと切断起点領域との関係を示す模式図であり、(a) は切断起点領域を起点とした割れがシリコンウェハの表面に到達している状態、(b) は切断起点領域を起点とした割れがシリコンウェハの裏面に到達している状態である。

【符号の説明】

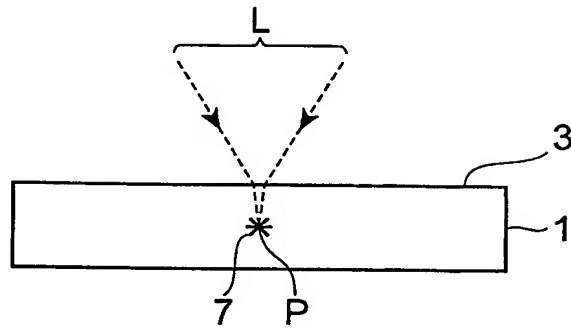
## 【0055】

1…半導体基板、3…表面、5…切断予定ライン、7…改質領域、8…切断起点領域、  
11…シリコンウェハ（半導体基板）、13…溶融処理領域、14…微小空洞、15…機  
能素子、17…裏面（レーザ光入射面）、21…拡張フィルム（保持部材）、23…ダイ  
ボンド樹脂層、28…割れ、L…レーザ光、P…集光点。

【書類名】 図面  
【図 1】

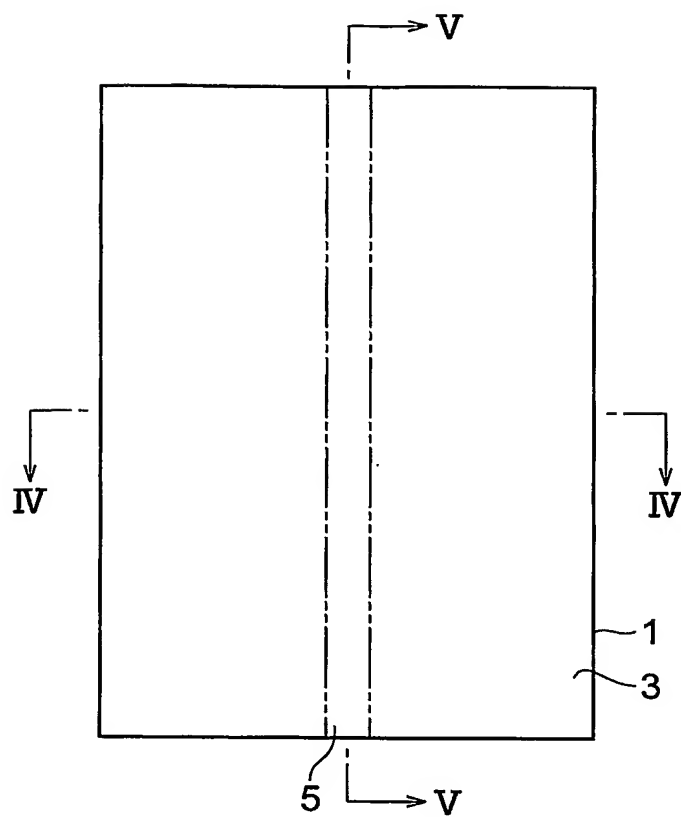


【図 2】

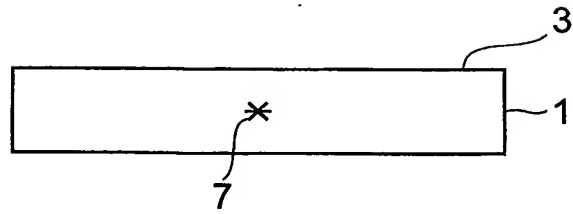




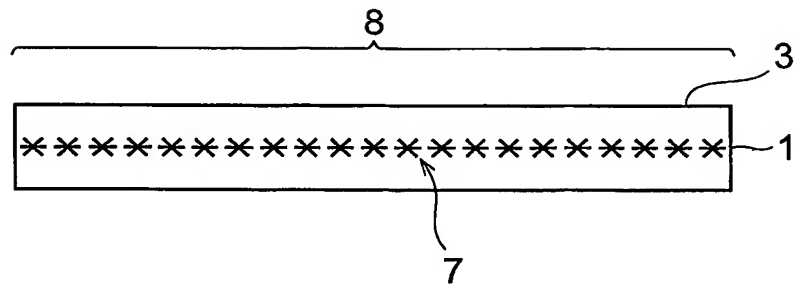
【図 3】



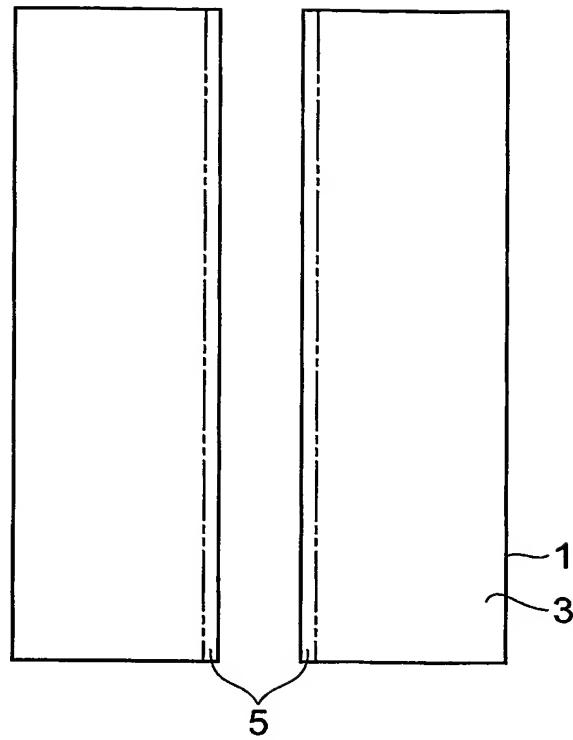
【図 4】



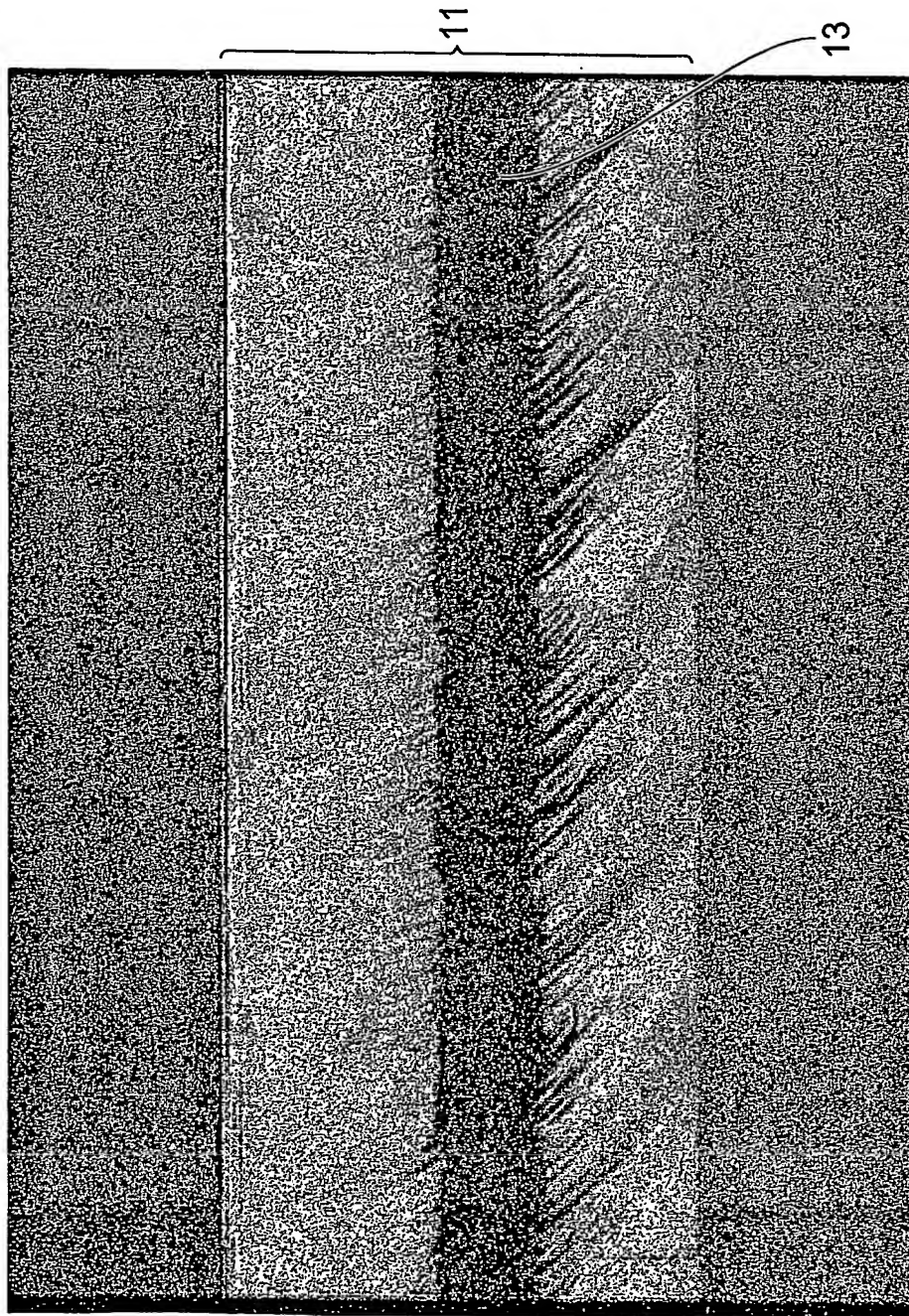
【図 5】



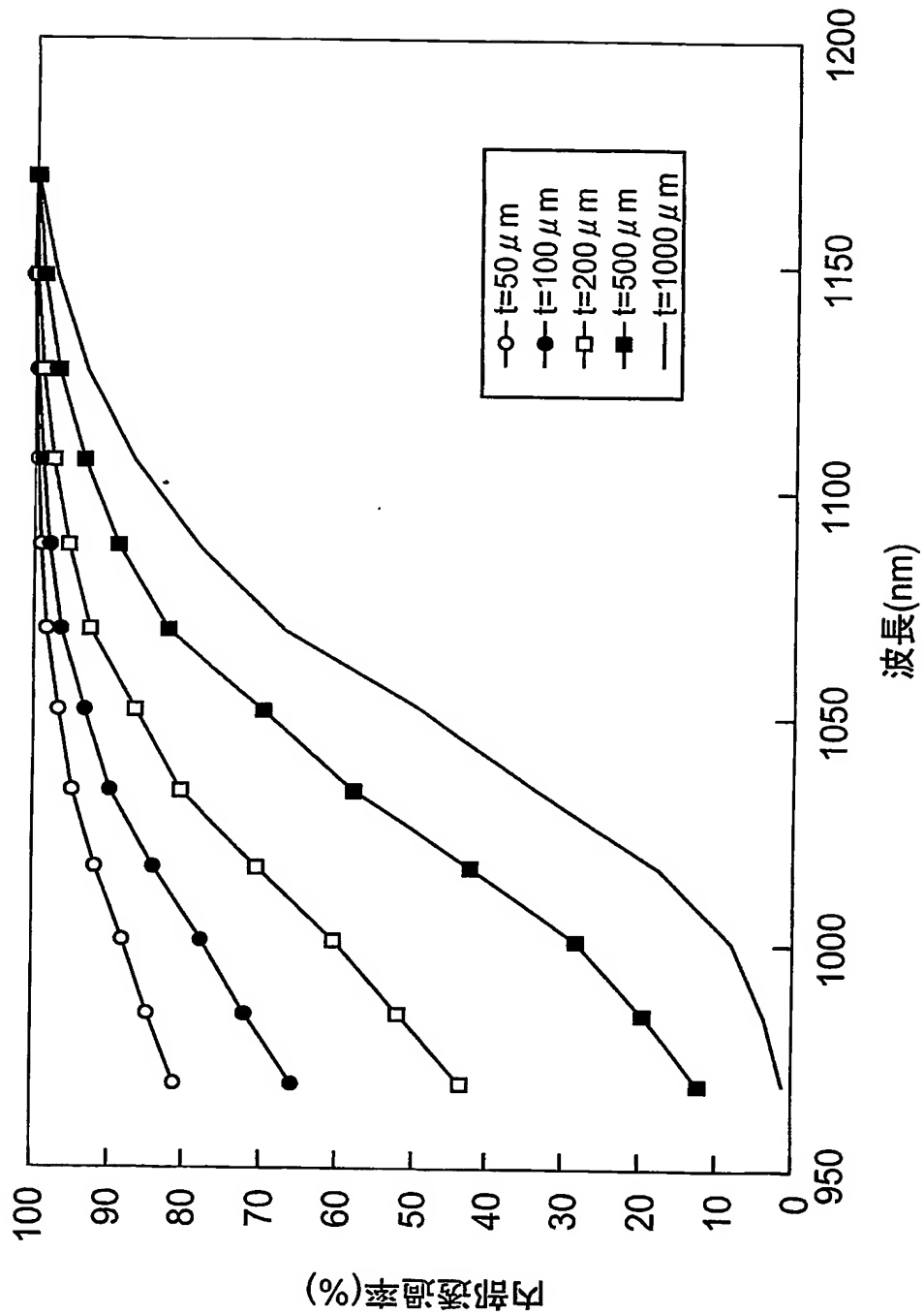
【図 6】



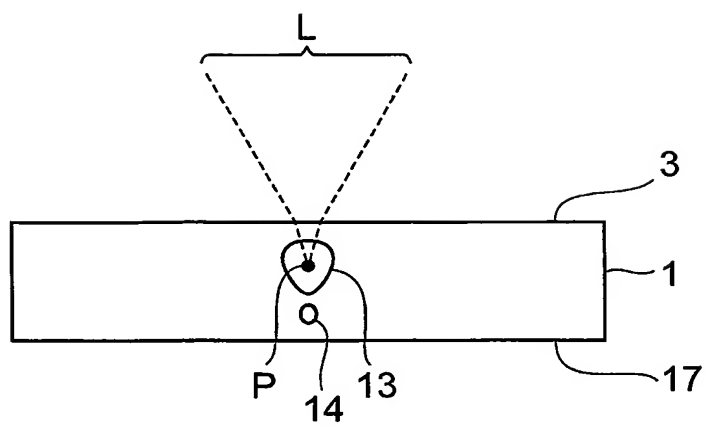
【図 7】



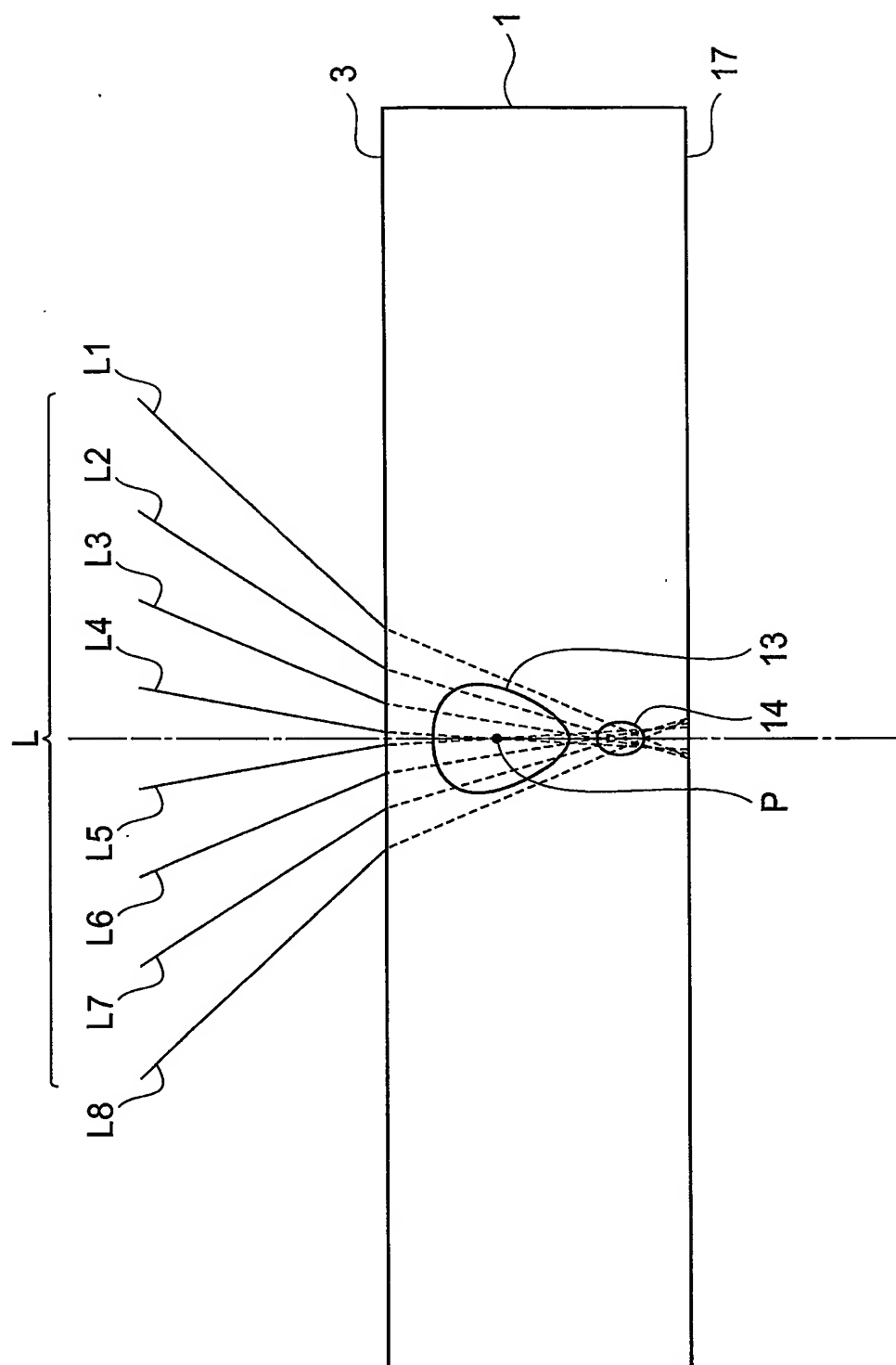
【図 8】



【図 9】



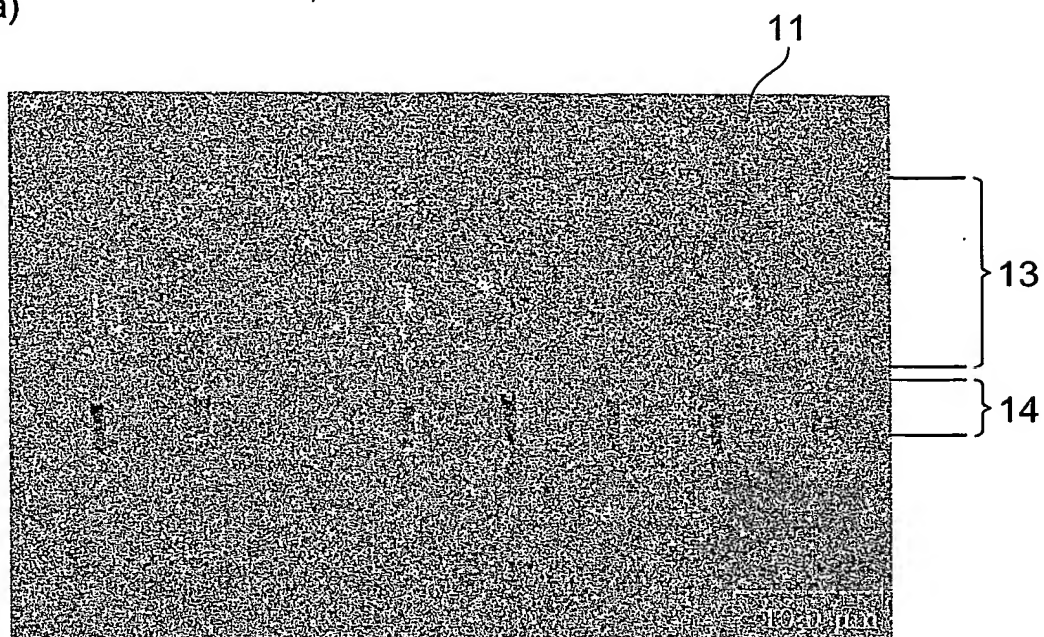
【図 10】



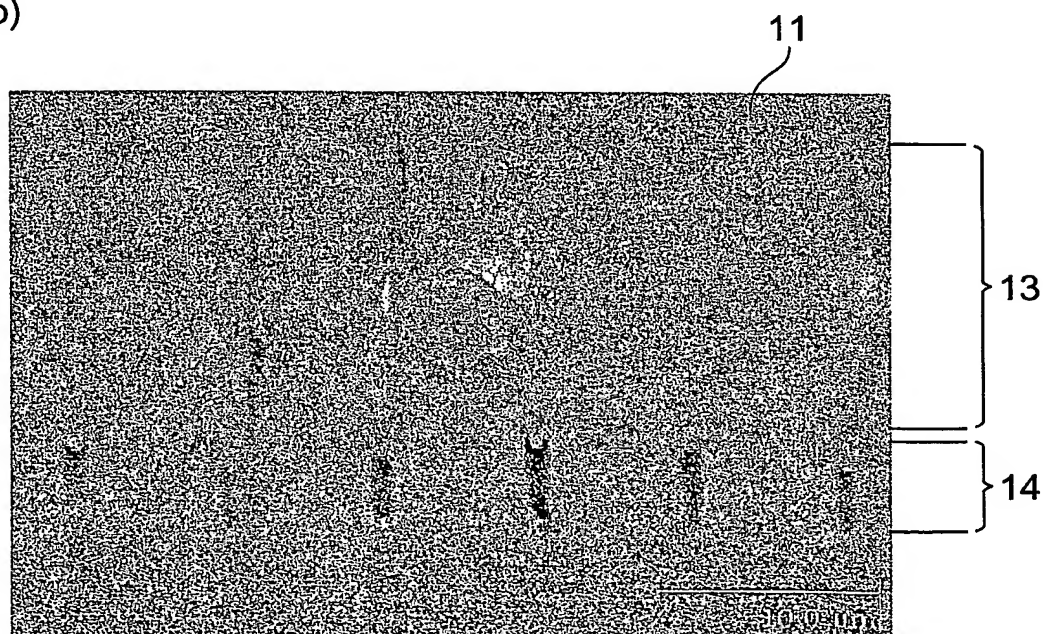


【図 11】

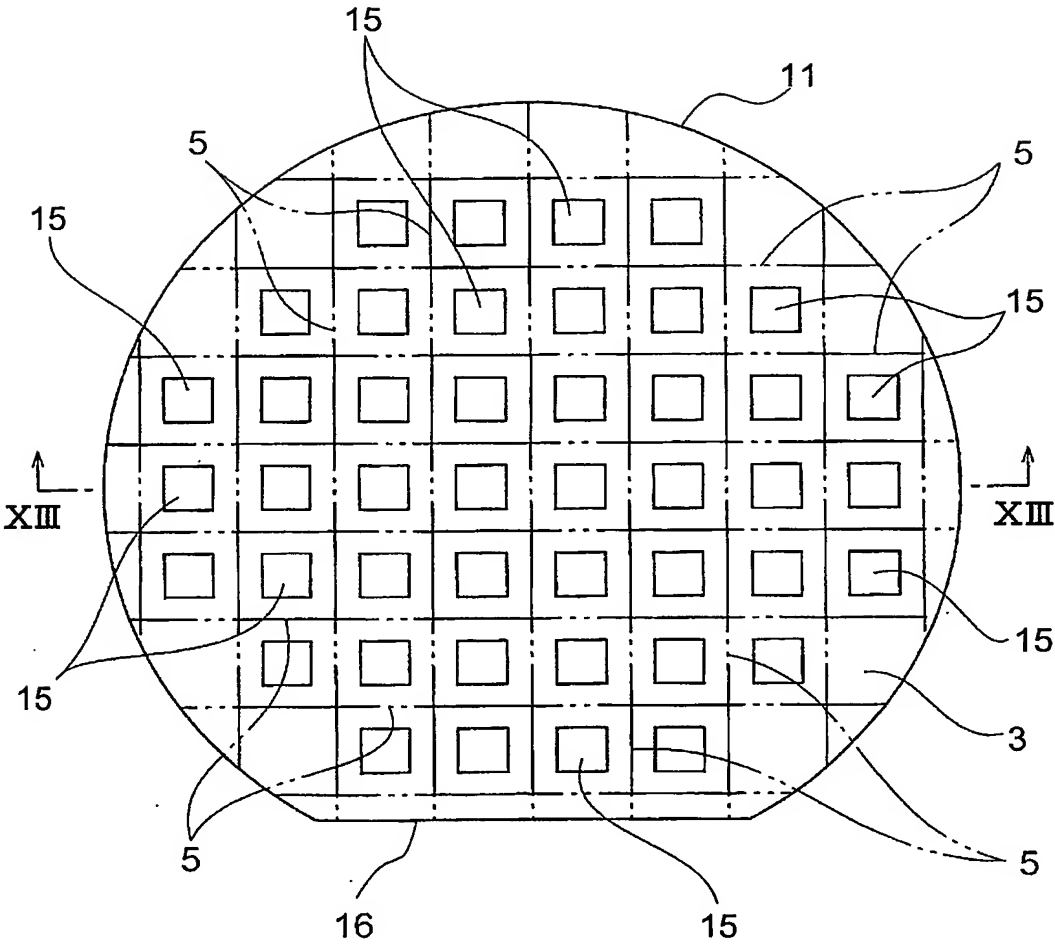
(a)



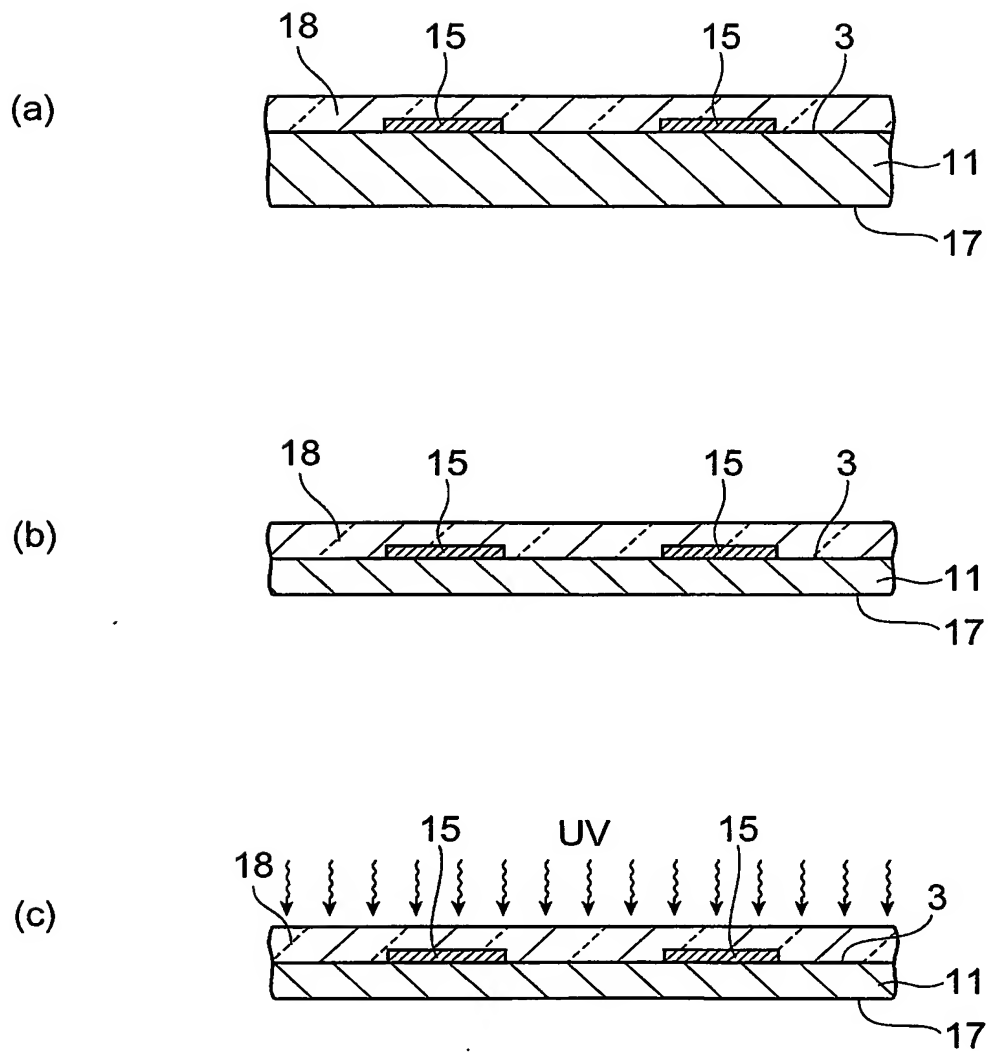
(b)



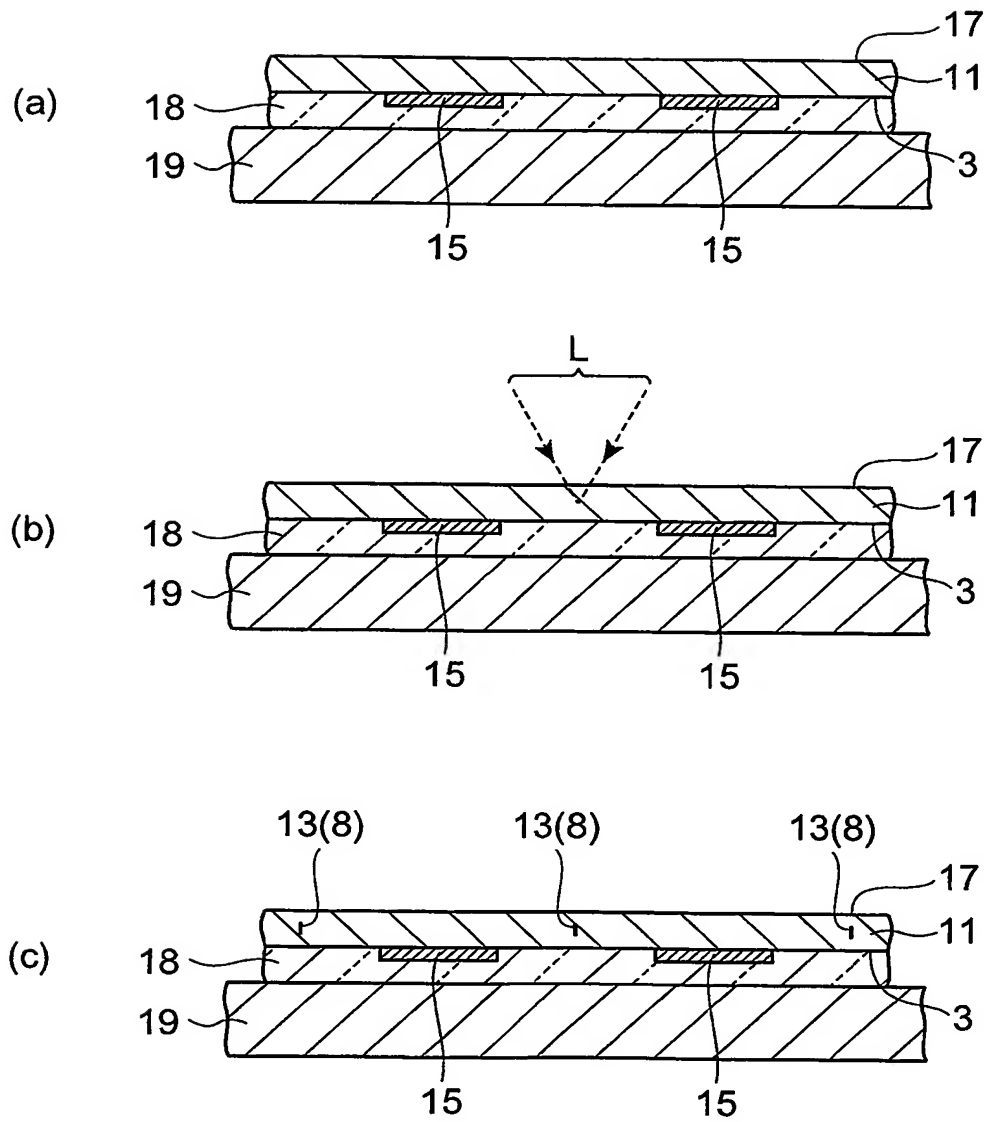
【図 12】



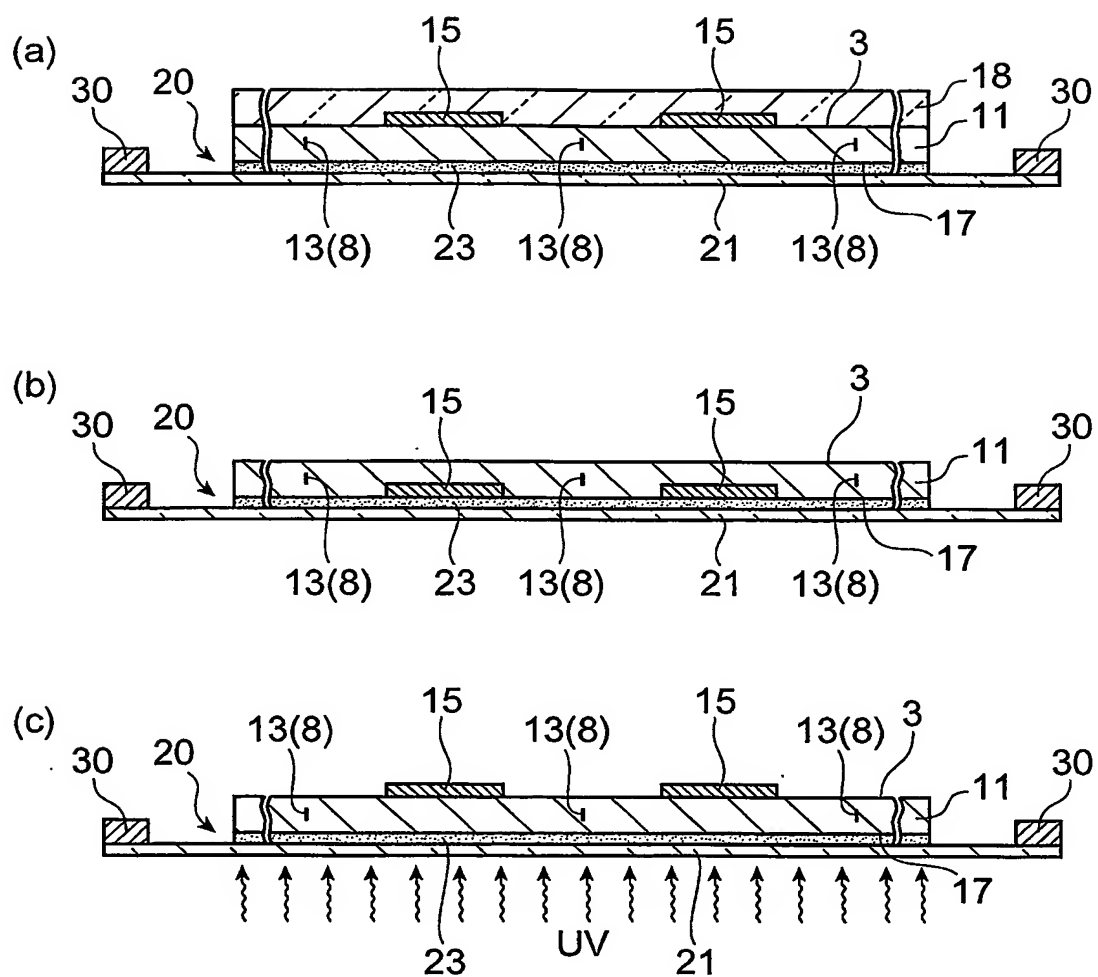
【図 13】



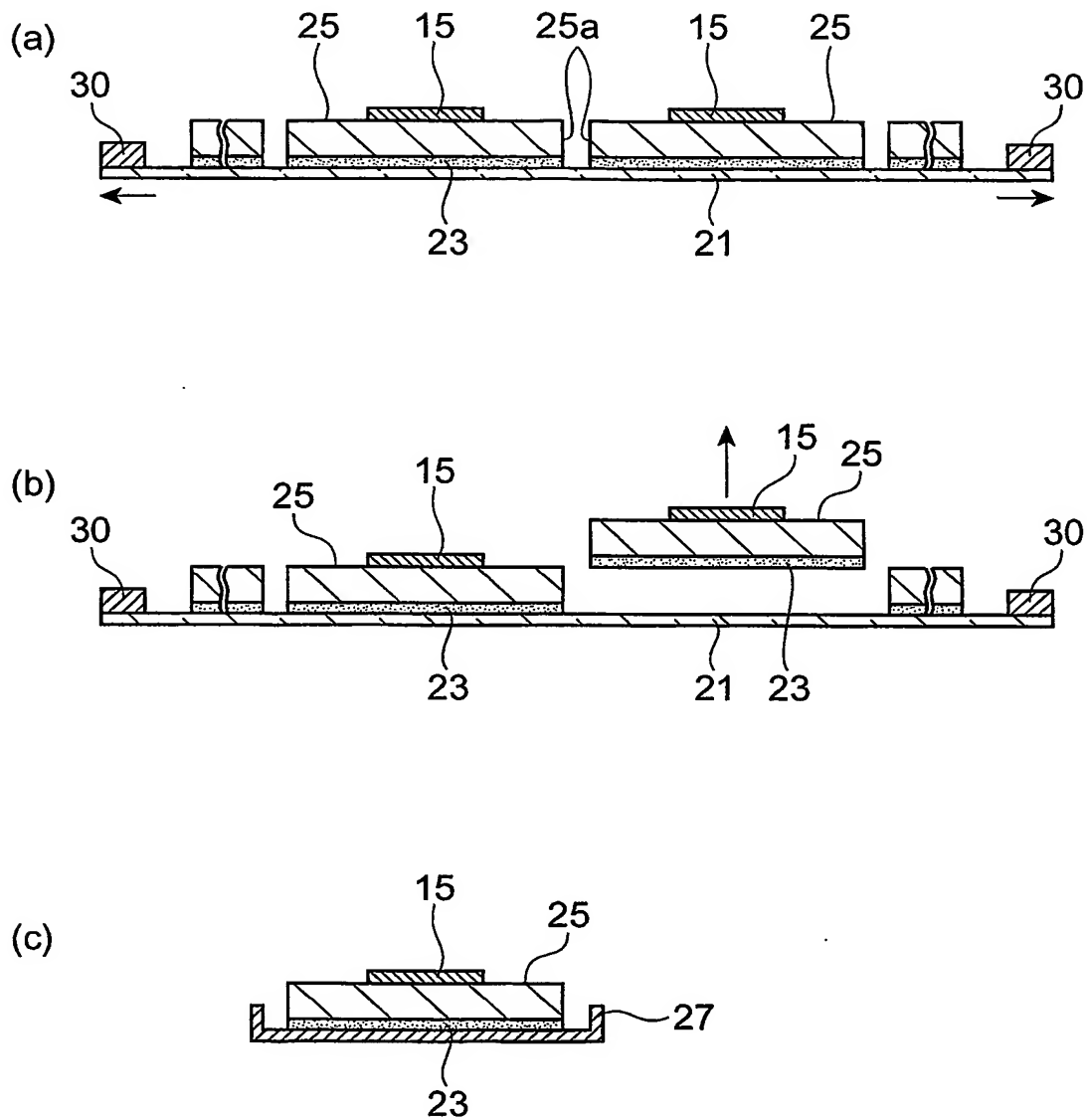
【図 14】



【図 15】

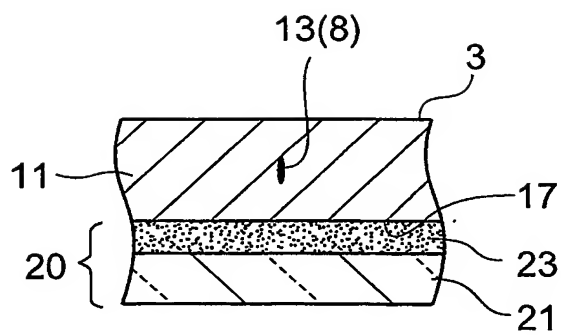


【図 16】

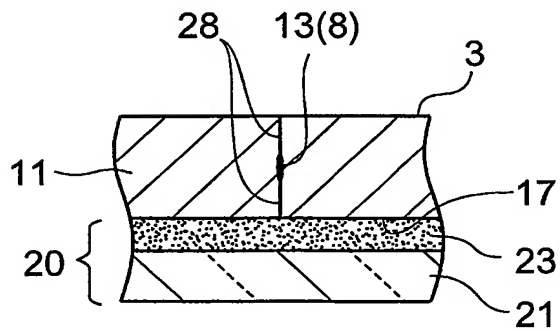


【図 17】

(a)

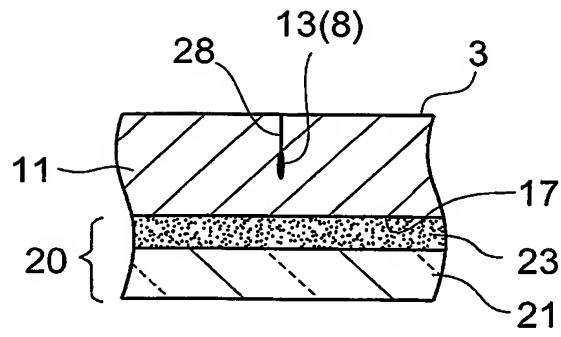


(b)

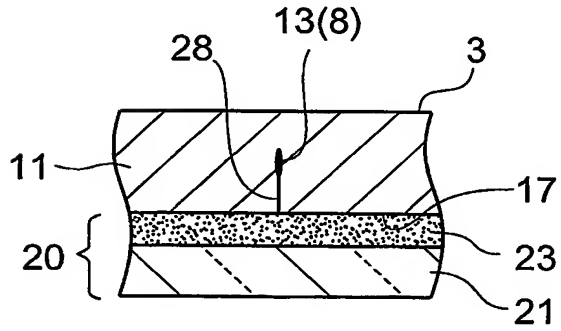


【図 18】

(a)



(b)





## 【書類名】 要約書

## 【要約】

【課題】 表面に機能素子が形成された半導体基板をダイボンド樹脂層と共に効率良く切断し得る半導体基板の切断方法を提供する。

【解決手段】 表面 3 に機能素子 15 が形成されたウェハ 11 の裏面 17 をレーザ光入射面とし、ウェハ 11 の内部に集光点 P を合わせてレーザ光 L を照射することで、多光子吸収を生じさせて切断予定ライン 5 に沿ってウェハ 11 の内部に熔融処理領域 13 による切断起点領域 8 を形成する。これにより自然に或いは比較的小さな力で切断起点領域 8 を起点として割れを発生させ、その割れを表面 3 と裏面 17 とに到達させることができる。従って、切断起点領域 8 形成後に、ウェハ 11 の裏面 17 にダイボンド樹脂層 23 を介在させて拡張フィルム 21 を貼り付け、その拡張フィルム 21 を拡張させると、切断予定ライン 5 に沿ってウェハ 11 及びダイボンド樹脂層 23 を切断することができる。

【選択図】 図 16

特願 2 0 0 3 - 3 1 8 8 7 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 2 3 6 4 3 6 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由] 新規登録

住 所 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1

氏 名 浜松ホトニクス株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**